Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»
==========

УДК 631.372:629.114.2

Математический анализ зависимости тягового усилия энергетического средства от показателей липкости почвы

Маршанин Е.В.[1], Митрохина О.П.[2], Кидяева Н.П.[2], Кузнецов Е.Е.[2], Щитов С.В.[2]

[1]Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище

[2]Дальневосточный государственный агарный университет

Аннотация

Почвенные условия Амурской области представлены в основном глинистыми почвами различной дисперсности. В связи с этим на работу энергетических средств значительное влияние оказывает липкость почвы. Учитывая, что тяговое усилие и рациональное использование мощностных характеристик энергетического средства являются одними из основных показателей, характеризующих эффективность его применения в технологии возделывания сельскохозяйственных культур, при планировании работ и материальных затрат следует учитывать, что для преодоления дополнительных сил сопротивления, возникающих от липкости почвы, необходимо дополнительно затрачивать полезную мощность, развиваемую двигателем.

В связи с этим закономерным является вопрос рассмотрения факторов снижения влияния липкости почвы на выходные показатели энергетического средства.

В представленной статье приводятся результаты исследований по влиянию липкости почвы на тяговое усилие, развиваемое энергетическим средством при выполнении работ, предусмотренных технологией возделывания сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО, ТРАКТОР, ТЯГОВОЕ УСИЛИЕ, ПОЧВА, ЛИПКОСТЬ, ПОВЕРХНОСТЬ КОНТАКТА ДВИЖИТЕЛЯ С ПОЧВОЙ, СИЛА СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Почвенные условия Амурской области представлены в основном глинистыми почвами различной дисперсности [1, 2], что при выпадении осадков значимо влияет на эффективность проведения полевых работ [3, 4]. При этом наличие больших посевных

площадей, ограниченные сроки выполнения основных сельскохозяйственных работ предусмотренных технологией возделывания сельскохозяйственных культур предусматривают применение скоростных колёсных энергетических средств и высокопроизводительных агрегатов [5, 6]. Также следует учитывать, что часть посевных площадей находится в ведении крестьянско-фермерских хозяйств (КФХ), в своём производстве использующих в основном колёсные тракторы тягового класса 1,4–2. При этом на долю КФХ в Амурской области приходится до 28% процентов валовых сборов получаемого урожая.

В связи с этим обоснованным и актуальным является проведение исследований, направленных на повышение эффективности использования колёсных энергетических средств КФХ на почвах с высокой степенью липкости. Одним из путей решения данной проблемы является снижение дополнительной силы сопротивления от влияния липкости почвы, что в итоге повысит тяговое усилие трактора и, как следствие, позволит:

-снизить необходимый перечень работ за счёт совмещения ряда сельскохозяйственных операций[7];

- выдержать оптимальные сроки выполнения сельскохозяйственных работ[8];

- снизить техногенное воздействие ходовых систем машин на почву за счёт снижения величины буксования[9];

- снизить энергозатраты на выполнение работ, предусмотренных технологией их возделывания[10, 11];

- повысить конкурентоспособность предприятия на рынке полученной продукции.

Как известно, касательная сила тяги, реализуемая колёсным энергетическим средством, во многом зависит от контакта движителя с почвой, иными словами - от площади контакта грунтозацепов с почвой. В условиях полного залипания колёсного движителя почвой последний превращается в каток и реализация силы тяги, в основном, осуществляется за счёт сил трения между колесом и почвой. Решить обозначенную выше проблему возможно за счёт своевременной очистки грунтозацепов колеса от налипшей почвы. С этой целью, на основании проведенных исследований [5, 6] и анализа работ авторов [7-9], были предложены устройства, отличающиеся простотой сборки, высокими надёжностными и технологическими характеристиками, позволяющие проводить механическое удаление налипшей почвы из протектора колёсного движителя:

- стабилизатор высоты протектора движителя трактора (патент РФ № 158328);

- скребковый очиститель движителя трактора (патент РФ № 158093);

- торсионно-скребковый очиститель протектора(патент РФ № 2590794);

- торсионно-тросовый очиститель протектора колёсного движителя(патент РФ № 164615);

- цепной очиститель протектора колёсного движителя (патент РФ № 174605).

В предлагаемой статье рассматривается вопрос повышения тягового усилия колёсного энергетического средства при его работе на агрофонах, представленных глинистыми и тяжёлыми суглинистыми типами в условиях высокой влажности и низкой несущей способности верхнего плодородного слоя почвы.

Материалы и методы

В общем случае касательная сила тяги, реализуемая энергетическим средством в основном расходуется на тяговое усилие и преодоление сил сопротивления движению [12]

$$P_к = P_{кр} + P_f \ , \qquad (1)$$

где $P_{кр}$ – сила развиваемая и реализуемая на крюке энергетического средства, Н;

- P_f – сила сопротивления движению энергетического средства, Н.

Силу, развиваемую и реализуемую на крюке энергетического средства на основании уравнения (1) можно записать следующим образом

$$Pкр = Pк - Pf \, . \qquad (2)$$

В свою очередь сила сопротивления движению на почвах с повышенной липкостью почвы можно представить следующим образом

$$Pf = Pfд + Pfл \, , \qquad (3)$$

где $P_{fд}$ – сила затрачиваемая на деформацию почвы движителем, Н;

$P_{fл}$ – сила затрачиваемая на преодоления влияния липкости почвы, Н.

Тогда уравнение (2) с учётом выражения (3) примет следующий вид

$$Pкр = Pк – (Pfд + Pfл) \, . \qquad (4)$$

Установлено, что в процессе работы на почвах, обладающих повышенной влажностью, наблюдается полное залипание движителя почвой (рис. 1), что резко снижает тягово-сцепные свойства колёсного энергетического средства.

Анализируя уравнение (4) можно отметить, что для повышения тягового усилия развиваемого колёсным энергетическим средством необходимо снизить дополнительную силу, возникающую от липкости почвы.

Рис. 1. Фрагмент работы колёсного энергетического средства на почвах, обладающих повышенной влажностью

В общем случае силу, возникающую от липкости почвы, можно представить следующим образом

$$Fл = KS + K1N(Sп + Sб) + Fотр.п + Fотр.п \quad , \qquad (5)$$

где К- коэффициент удельного прилипания почвы, заключённой между грунтозацепами, при отсутствии нормального давления; $S_п$- площадь контакта почвы, заключённой между грунтозацепами с поверхностью движителя, м^2; $S_б$ - площадь боковой поверхности

грунтозацепа, м^2; K_1- коэффициент удельного прилипания слоя почвы, заключённой между грунтозацепами от воздействия нормального давления; $F_{отр}$ – сила, необходимая для отрыва почвы, заключённой между грунтозацепами от поверхности движителя, Н; $F_{отр.п}$ - сила, необходимая для отрыва почвы от боковой поверхности грунтозацепа движителя, Н.

Результаты и обсуждение

Проведенными исследованиями установлено, что для снижения влияния силы, возникающей от липкости почвы, необходимо снижать площадь контакта в звене «межпротекторное пространство- поверхность движения».

Определение величины контактной площади почвы, заключённой между грунтозацепами с поверхностью движителя подробно описано в ранее опубликованной работе [13].

Также в ходе проведенных теоретических исследований определена площадь боковой поверхности грунтозацепа, влияющая на величину контактной площади почвы. При этом установлено, что для вычисления площади боковой поверхности грунтозацепа целесообразно использовать теорию двойных интегралов

$$S = \frac{2\sqrt{2p}}{3}\left(\sqrt{h_2^3} - \sqrt{h_2^3}\right) - \left(\frac{h_1}{2}\sqrt{R^2 - h_1^2} - \frac{h_2}{2}\sqrt{R^2 - h_2^2} + \frac{R^2}{2}\left(\arcsin\frac{h_1}{R} - \arcsin\frac{h_2}{R}\right)\right) \quad (6)$$

где R -радиус колеса, м; h_1, h_2- высота грунтозацепа колеса, м.

Как видно из полученного выражения (6) площадь контакта боковой поверхности грунтозацепа с почвой во многом зависит от высоты очистки межпротекторного пространства колеса.

В ходе проведенных производственных испытаний трактора класса 1,4 с устройством для очистки движителя от почвы на вспашке залежи (рис. 2) установлено, что установка устройства предложенной конструкции позволила снизить энергозатраты на единицу обработанной площади на 15,2…17,3 % по сравнению с серийным вариантом.

Рис. 2. Фрагмент проведения производственных испытаний трактора класса 1,4 с устройством для очистки движителя

Выводы и заключение

Установлено, что использование устройства для очистки движителя от налипших почвенных масс в ходовую систему трактора позволило:

- снизить техногенное воздействие на почву (величина буксования снизилась на 10,1% по сравнению с серийным вариантом, а глубина колеи на 14,7%);

- уменьшить энергозатраты на единицу обработанной площади на 15,2…17,3 % по сравнению с серийным вариантом.

Результатами проведенных исследований доказано, что использование устройств для очистки колёсных движителей от почвы позволяет повысить тяговое усилие трактора за счёт уменьшения дополнительной силы, возникающей от липкости почвы.

На основании вышеизложенного, в сравнении с ранее полученными авторами результатами[7-9, 14], можно сделать вывод, что предложенное устройство, предназначенное для качественного вычищения почвенных масс в движении, является высокоэффективной конструкцией, реализующей оригинальные идеи и обладающей конструкторской новизной, предназначенной для повышения эффективности работы средств механизации в агропромышленном комплексе. Материалы исследований широко

используются в технологии растениеводства, применяемой в ФГУП «Садовое», ООО «СОЮЗ» Серышевского района, КФХ Ковалёва С.В. Ивановского района, КФХ «ЗАРЕЧНОЕ» Михайловского района, КФХ Осипов А.В. Благовещенского района Амурской области.

Список использованных источников:

1. Методика изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений. - М.: ВИСХОМ, 1960. – 269 с.
2. ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства [Электрон. ресурс]. – URL: http://www.vniiesh.ru
3. Алдошин Н.В., Пехутов А.С. Повышение производительности при перевозке сельскохозяйственных грузов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2012. - № 4. - С. 26-27.
4. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 3. – С. 5–7.
5. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Повышение эффективности использования мобильных энергетических средств в технологии возделывания сельскохозяйственных культур: монография. - Дальневост. гос. аграр. ун-т. – Благовещенск: Изд-во Дальневост. гос. аграр. ун-та, 2017. – 272 с.
6. Кузнецов Е.Е., Щитов С.В., [и др.] Расширение функциональных возможностей колёсной энергетики // Дальневосточный аграрный вестник. - 2021. - № 1 (57). - С. 87–98.
7. Шишлов С.А., Редкокашин А.А., Шапарь М.С. Качественная предпосевная обработка почвы и посев - залог высокого урожая сои // Научное обозрение. – 2015. - № 15. – С. 23-27.
8. Belyaev V.I., Fruhauf M., Mainel T. Ecological Consequences of Conversion of Steppe to arable Land in Western Siberia // Europa Regional. - 2004. – Vol. 1, № 4. - P. 13-21.
9. Раднаев Д.Н. К методике проектирования технологических процессов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. - 2011. - № 1 (22). - С. 71–75.
10. Щитов С.В., Кривуца З.Ф., Кузнецов Е.Е., Попова Е.В., Кушнарев А.Н. Снижение энергозатрат мобильных энергетических средств за счёт использования догружающих устройств [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 1. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2017/4/st_406.doc.
11. Кривуца З.Ф., Щитов С.В., Кузнецов Е.Е. Оптимизация энергетических затрат транспортно-производственного процесса // Дальневосточный аграрный вестник. - 2020. - № 4 (56). - С. 151–155.

12. Скотников В.А. и др. Практикум по сельскохозяйственным машинам. – Минск: Урожай, 1984. – 375 с.

13. Щитов С.В., Кузнецов Е.Е., Рыбаков С.А. Исследование тягово-сцепных свойств энергетических средств в зависимости от залипания колёсного движителя // Техника и оборудование для села. - 2015. - № 12. - С. 18–20.

14. Shchitov S.V., Tikhonchuk P.V., Bumbar I.V., Krivuca Z.F., Samuilo V.V., Yakimenko A.V., Mitrokhina O.P. Increasing The Shallowness Of The Wheeled Tractors // Journal of Mechanical Engineering. 1752. 41 (2) (2018). p. 31–34. URL: https://jmerd.org.my/Paper/2018%2C%20VOLUME%202%2C%20ISSUE%202/31–34.pdfnull

==========

Цитирование:

Маршанин Е.В., Митрохина О.П., Кидяева Н.П., Кузнецов Е.Е., Щитов С.В. Математический анализ зависимости тягового усилия энергетического средства от показателей липкости почвы [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/2/st_214.pdf.